

(11)Publication number : 11-112427
 (43)Date of publication of application : 23.04.1999.

(51)Int.Cl. H04B 10/02
 H04B 10/18
 H04B 10/24
 H04J 14/00
 H04J 14/02

(21)Application number : 10-205015	(71)Applicant : NORTHERN TELECOM LTD
(22)Date of filing : 21.07.1998	(72)Inventor : DAVIS FIONA KEYS ROBERT JONES KEVAN JOLLEY NIGEL EDWARD O'SULLIVAN MAURICE

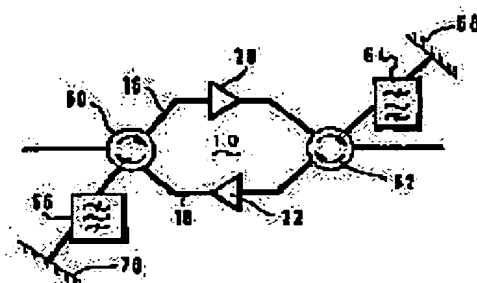
(30)Priority
 Priority number : 97 9715268 Priority date : 18.07.1997 Priority country : GB

(54) OPTICAL SIGNAL TRANSMISSION CIRCUIT AND OPTICAL CHANNEL BANS ASSIGNMENT METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To relax the effect of 4-wavelength mixing onto each 2-way optical fiber by assigning adjacent channels in pairs to at least communication in one up-link/down-link direction exclusively with each other.

SOLUTION: Circulators 60, 62 receive a broad band signal including pluralities of adjacent channels on optical fibers 16, 18 and sufficiently part channels to be interleaved. The circulators 60, 62 designate selectively the broad band signal via filters 64, 66 and part at least one channel. A filtered signal corresponding to the channel is outputted from the filters 64, 66 and reflected in the filters 64, 66 in mirrors 68, 70. Thus, the channel is processed in a 2nd filter process to promote the separation of the channel. The channel is again inserted to the optical fiber via the circulators 60, 62 in succession to the 2nd filter process.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]
 [Patent number]
 [Date of registration]
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-112427

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月23日

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

F I

H04B 10/02

H04B 9/00

M

10/18

G

10/24

E

H04J 14/00

14/02

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全10頁)

(21) 出願番号 特願平10-205015

(22) 出願日 平成10年(1998) 7月21日

(31) 優先権主張番号 9 7 1 5 2 6 8 . 0

(32) 優先日 1997年 7月18日

(33) 優先権主張国 イギリス (GB)

(71) 出願人 390023157

ノーザン・テレコム・リミテッド

NORTHERN TELECOM L I
M I T E Dカナダ ケベック エイチ2ワイ 3ワイ
4 モントリオール(無番地) ザ・ワールド
ド・トレード・センター・オブ・モントリ
オール

(74) 代理人 弁理士 泉 和人

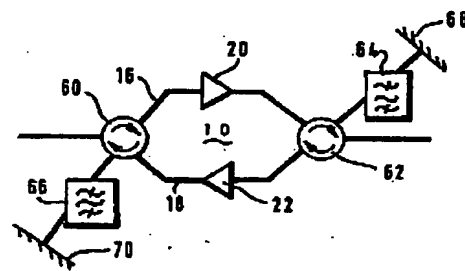
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光信号送信回路および光チャネル帯域割り当て方法

(57) 【要約】

【課題】 隣接する1つのチャネルペアを、互いに排他的に少なくとも1つのアップリンクとダウンリンク方向に割り当て、各双方向光ファイバで4波長混合の影響を緩和する。

【解決手段】 サーキュレータ(60と62)は、光ファイバ(16と18)上で、複数の隣接チャネルを含む広帯域信号を受信し、インタリーブされたチャネルの間を充分に隔離する。サーキュレータは、フィルタ(64と66)を介して、広帯域信号を選択的に経路指定し、少なくとも1つのチャネルを隔離する。チャネルに対応する濾波信号は、フィルタから出力され、ミラー(68と70)でフィルタに反射される。このようにして、チャネルは、第2の濾波プロセスによって処理され、チャネルの隔離を促進する。この第2の濾波プロセスに引き続き、チャネルは、図6に示されるように、サーキュレータを介して光ファイバに再び挿入される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 隣接波長を有する光チャネルの帯域を、双方向通信用光ファイバのアップリンクとダウンリンクの少なくとも 1 つに割り当て、アップリンクとダウンリンク中の各 4 波長混合を減少させる方法において：アップリンクとダウンリンクへのチャネル割り当ては互いに排他的であり、各アップリンクとダウンリンクは、前記の少なくとも 1 つのチャネルペアに隣接していない波長を有する、少なくとも 1 つの他の光チャネルを含むことを特徴とする光チャネル帯域割り当て方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載の光チャネル帯域割り当て方法において：アップリンクとダウンリンク中の光チャネルは、2 つの隣接光チャネルより少ない間隔で分離されることを特徴とする光チャネル帯域割り当て方法。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 記載の光チャネル帯域割り当て方法において：アップリンクとダウンリンクの少なくとも 1 つは、少なくとも 2 つの隣接チャネルペアを含み、この少なくとも 2 つの隣接チャネルペアは、2 つの隣接光チャネルより少なく分離されることを特徴とする光チャネル帯域割り当て方法。

【請求項 4】 請求項 1、2 または 3 のいずれかに記載の光チャネル帯域割り当て方法において：各光チャネルは、共通の帯域を有することを特徴とする光チャネル帯域割り当て方法。

【請求項 5】 請求項 1 から 4 のいずれかに記載の光チャネル帯域割り当て方法において：相互変調は 4 波長混合であることを特徴とする光チャネル帯域割り当て方法。

【請求項 6】 請求項 1 から 5 のいずれかに記載の光チャネル帯域割り当て方法において：アップリンクとダウンリンク間のチャネル割り当ては連続していることを特徴とする光チャネル帯域割り当て方法。

【請求項 7】 請求項 1 から 6 のいずれかに記載の光チャネル帯域割り当て方法において：チャネルペアは互いに隣接しているが、隣接周波数スペクトルを有しないことを特徴とする光チャネル帯域割り当て方法。

【請求項 8】 複数のチャネルを有する広帯域光信号に応答する光信号送信回路において：広帯域光信号を受信し、出力信号を供給する方向性カプラと；前記方向性カプラの出力信号から、少なくとも 1 つの濾波された出力上で少なくとも 1 つのチャネルを隔離するフィルタと；前記の少なくとも 1 つの濾波された出力に結合され、その少なくとも 1 つの濾波された出力を前記フィルタに反射させる反射器とを含み；前記フィルタは、少なくとも 1 つの濾波された出力が、少なくとも 1 つのチャネルの隔離を改善する第 2 のフィルタとしても動作することを特徴とする光信号送信回路。

【請求項 9】 請求項 8 記載の光信号送信回路において：複数のチャネル中に第 1 のサブセットチャネルを有するアップリンク上および複数のチャネル中に第 2 のサ

ブセットチャネルを含むダウンリンク上で情報の双方向転送を行い、前記第 1 のサブセットと前記第 2 のサブセットは、互いに排他的チャネルを有することを特徴とする光信号送信回路。

【請求項 10】 請求項 9 記載の光信号送信回路において：2 つの光ファイバによって相互接続された 2 つの方向性カプラを含み、第 1 の光ファイバはアップリンク用に用いられ、第 2 の光ファイバはダウンリンク用に用いられ、各方向性カプラはフィルタと反射器に結合されることを特徴とする光信号送信回路。

【請求項 11】 請求項 10 記載の光信号送信回路において：アップリンク内および 2 つの方向性カプラ間に結合された第 1 の増幅モジュールと；ダウンリンク内および 2 つの方向性カプラ間に結合された第 2 の増幅モジュールとをさらに含むことを特徴とする光信号送信回路。

【請求項 12】 請求項 10 記載の光信号送信回路において：アップリンクとダウンリンク内にそれぞれ結合された第 3 と第 4 の方向性カプラをさらに含み、第 3 の方向性カプラは第 1 の増幅モジュール内に接続され、第 4 の方向性カプラは第 2 の増幅モジュール内に接続され、アップリンク中のフィルタは第 3 の方向性カプラに結合され、ダウンリンク中のフィルタは第 4 の方向性カプラに結合されることを特徴とする光信号送信回路。

【請求項 13】 請求項 9 乃至 12 のいずれかに記載の光信号送信回路において：第 1 のサブセットと第 2 のサブセットは、請求項 1 乃至 7 記載の方法に基づいて割り当てられたチャネルを有することを特徴とする光信号送信回路。

【請求項 14】 請求項 8 乃至 13 のいずれかに記載の光信号送信回路において：フィルタは、導波管装置、誘電体フィルタまたは透過型ブラッグ格子の中の 1 つであることを特徴とする回路。

【請求項 15】 請求項 11 記載の光信号送信回路において：アップリンク中のフィルタは第 1 の増幅モジュールの後方で光信号送信回路に結合され、ダウンリンク中のフィルタは、第 2 の増幅モジュールの後方で光信号送信回路に結合されることを特徴とする光信号送信回路。

【請求項 16】 フィルタに加えられた複数のチャネルを有する広帯域光信号から少なくとも 1 つのチャネルを隔離する方法において：前記広帯域光信号を濾波し、少なくとも 1 つのチャネルを含む出力信号を生成し；前記の濾波された出力信号をフィルタで再濾波し、少なくとも 1 つのチャネルをさらに隔離することを特徴とする光信号隔離方法。

【請求項 17】 請求項 16 記載の方法において：前記の再濾波のステップの前に、濾波された出力信号を反射させフィルタに戻すステップをさらに含むことを特徴とする光信号隔離方法。

【請求項 18】 請求項 16 または 17 記載の光信号隔離方法において：少なくとも 1 つのチャネルは、アップ

リンクおよびダウンリンク中で双方向通信を行う光ファイバ中でデータ送信を行い、少なくとも1つのチャンネルは、アップリンクとダウンリンクのうちの1つだけに關することを特徴とする光信号隔離方法。

【請求項19】 隣接波長を有する多数の光チャンネル上で、双方向通信を行い、前記多数の光チャンネルはアップリンクとダウンリンク間に分布され、少なくともアップリンクとダウンリンクのうちの1つ中に隣接波長を有する少なくとも1つのチャンネルペアを有する光ファイバにおいて：アップリンクとダウンリンクに割り当てられたチャンネルは互いに排他的であり、アップリンクとダウンリンクの各々は、前記の少なくとも1つのチャンネルペアに隣接しない波長を有する少なくとも1つの他の光チャンネルを含み、それによって、アップリンクとダウンリンク中の各4波長混合を減少させることを特徴とする光ファイバ。

【請求項20】 光ファイバを介してデータの双方向転送を行い、データは、隣接波長を有する多数の光チャンネルの光ファイバ中でアップリンクとダウンリンクの方向に運ばれ、多数の光チャンネルがアップリンクとダウンリンク方向に分布される双方向データ転送方法において：隣接波長を有する少なくとも1つのチャンネルペアを、少なくともアップリンクとダウンリンクの1つに割り当て、ここで、アップリンクとダウンリンクの方向に割り当てられたチャンネルは、互いに排他的であり、アップリンクとダウンリンクの各方向は、前記の少なくとも1つのチャンネルペアに隣接しない波長を有する少なくとも1つの他の光チャンネルを含み、それによって、アップリンクとダウンリンク中の各方向の4波長混合を減少させ、チャンネルを変調し、アップリンクとダウンリンクの方向にデータの同時転送を行うステップを含むことを特徴とする双方向データ転送方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、一般的に、光信号送信方法およびその光信号増幅器回路に関するものであり、より詳細には、特に、しかしこれに限られる訳ではないが、双方向波長分割多重(WDM)増幅器回路および光送信用チャンネル割り当て方法に適用可能なものである。

【0002】

【従来の技術】 光ファイバの送信容量を増加させる1つの方法に、波長分割多重(WDM)チャンネルの使用がある。実際には、光増幅器は、WDM動作に最適な設計になっていた。例えば、一方向システムでは、すべてのWDMチャンネルは、送信ファイバを介して同方向に送信される。一方、双方向送信装置は、一方向に運ばれるファイバ内のいくつかのチャンネルと、反対方向に運ばれる他のチャンネルを有する。後者の装置は、特に、信頼性のために必要な冗長な送信端末の数に關して、多くの有利な

点がある。このように、現在では、光増幅設計は、双方向送信用に最適化されている。

【0003】 双方向送信の1つの特定のメカニズムは、使用チャンネルを、各方向毎に区分された動作帯域に分割することによって最適化される。これらの帯域はときに、「青」と「赤」の帯域と呼ばれることがあり、チャンネルの数を変更できる。例えば、青い帯域は、波長領域1527から1540ナノメートル(nm)のチャンネルを有する。一方、赤の帯域は、波長領域1545nmから1560nmのチャンネルを有する。各チャンネルは(レーザで生成された)キャリア周波数によるデータ変調によって情報を送信する。光システムにおいて、典型的な変調技術は、振幅変調、位相変調および周波数シフトキーイング(FSK)である。

【0004】 WDMチャンネル割り当ては、典型的には、国際電気通信連合(ITU)の標準波長グリッドに基づいており、従って、特定の最小チャンネル間隔になる。特に、現在のITU標準は、100ギガヘルツ(GHz)のチャンネル間隔を必要とし、この100ギガヘルツのチャンネル間隔を複数用いて、可能なチャンネルの組み合わせをつくる。実際には、レーザ光分解能による制約を考慮すると、各帯域は、100ギガヘルツ間隔を有する16のチャンネル、すなわち、全部で32のチャンネルを支持できる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、チャンネル間隔が減少すると、各チャンネルは、マルチチャンネル動作のために大きなレベルの劣化が生じる。特に、高周波によって、特定のチャンネル内のデータに、深刻で有害な影響を与えることになる。さらに、光送信システムにおいて、密度の高いチャンネルは、「4波長混合」として知られる相互変調積が現れる。基本的には、相互変調積による劣化は、隣接する光チャンネル上、またはその付近で重畳される各側波帯から生じ、各側波帯は、隣接するチャンネル間の間隔に従って生成される。従って、チャンネル分離を増加すると、送信された信号の完全性は向上するが、それによって、送信容量が増大する。

【0006】 相互変調積から生じるチャンネル劣化を減少させる一方で、双方向増幅器中で同じ全数チャンネルを維持する1つの方法は、隣接するチャンネルが反対方向に伝播するインタリーブ・チャンネル方法を採用することである。実際、これは、一方向の隣接チャンネル間のチャンネル間隔が2倍になって、隣接する共伝播チャンネルへの影響が減少する。この装置の他の利点は、チャンネルが使用できない「空白帯域」の分布によって生じる。特に、区分できる帯域がアップリンクまたはダウンリンク送信用に割り当てられるデュアル帯域システムに關して、データの崩壊を避けるために、その帯域は是非とも分離され(隔離され)なければならない。悪いことに、いかなる減衰システム(例えば、フィルタのような)において

も、隔離は実際の減衰装置の動作パラメータに依存する。

【0007】光システム中の特定のフィルタの場合においては、フィルタは、徐々に立ち上がり徐々に立ち下がる応答曲線を有する。従って、最小減衰区間は、分離したチャンネル帯域間に、フィルタ応答特性の立ち上がりまたは立ち下がり波形から潜在的に生じる重複を必ず除外する幅で、存在しなければならない。言い換えれば、波長（「ロール・オフ」と呼ばれる）に対する減衰の増加率は、チャンネル帯域間で濾波によって達成され、通信情報に用いることのできない帯域の一部をなす。これは、

「空白帯域」の重複領域である。インタリーブされた場合には、一方向のチャンネル間隔は倍になり、そのため、フィルタ端は、空白帯域によってチャンネルスロットが失われる程度に鋭くなる。実際には、空白帯域は動作帯域全体に渡って分布されるので、光システムは使用可能なチャンネルの全体数を増加できる。

【0008】光送信システムのインタリーブングは望ましいと考えられているが、適切な光増幅器を用いる場合の問題として、このようなインタリーブされた装置の導入が阻止される点がある。特に、現在では、適切な光増幅器の設計は、複雑で高価である。従って、光増幅器の構成を改善することによって、インタリーブされた光送信システムは、さらに普及することになる。このようなシステムは、情報転送標準、品質、レートを改善できる。

【0009】ヨーロッパ特許公開公報0680168は、時間周波数コード・スライスを用いてスペクトル効率を最適化するシステムと方法を記載している。より詳しくは、周波数と時間ドメイン内で多様な速度のユーザのスケジューリングを介して、このシステムと方法は、使用スペクトルを割り当てそれを用いる。

【0010】ヨーロッパ特許公開公報0668675は、多重チャンネル光ファイバ通信システムについて記載している。このシステムにおいて、波長分割多重チャンネルは、単純にチャンネルとチャンネル間に間隔を有し、チャンネル・キャリアとの4波長混合積が実質的に同時発生することを防ぐ。

【0011】米国特許5,390,043は、異なる波長で多重光チャンネルを送信するための光チャンネルがブロックにグループ化された光ヘテロダイン通信システムについて記載する。ブロック化された光チャンネル間の間隔は、チャンネル帯域と等しいかまたは、幾分か大きい。一方、ブロック間の間隔は、光信号がローカル発振器とヘテロダインされるとき、隣接ブロックと選択された光チャンネルとの干渉は、所定レベルを越えない。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の一側面によれば、本発明は、隣接波長を有する光チャンネルの帯域を、双方向通信用光ファイバのアップリンクとダウンリンク

の少なくとも1つに割り当て、アップリンクとダウンリンク各4波長混合を減少させる方法において：アップリンクとダウンリンクへのチャンネル割り当ては互いに排他的であり、各アップリンクとダウンリンクは、少なくとも1つのチャンネルペアに隣接していない波長を有する少なくとも1つの他の光チャンネルを含むように構成される。

【0013】好ましくは、アップリンクとダウンリンク中の光チャンネルは、2つの隣接光チャンネルより少ない間隔で分離される。一方、アップリンクとダウンリンクの少なくとも1つは、少なくとも2つの隣接チャンネルペアを含み、この少なくとも2つの隣接チャンネルペアは、2つの隣接光チャンネルより少なく分離されるように構成される。

【0014】本発明の他の側面によれば、本発明は、隣接波長を有する多数の光チャンネル上で、双方向通信を行い、多数の光チャンネルはアップリンクとダウンリンク間に分布され、少なくともアップリンクとダウンリンクのうちの1つ中に隣接波長を有する少なくとも1つのチャンネルペアを有する光ファイバにおいて：アップリンクとダウンリンクに割り当てられたチャンネルは互いに排他的であり、アップリンクとダウンリンクの各々は、少なくとも1つのチャンネルペアに隣接しない波長を有する少なくとも1つの他の光チャンネルを含み、それによって、アップリンクとダウンリンクの各々の4波長混合を減少させるように構成される。

【0015】光ファイバは、実際には、光通信システムと同様な複数の光ファイバのうちの1つであってもよい。

【0016】本発明のさらに他の側面によれば、本発明は、光ファイバを介してデータの双方向転送を行い、データは、隣接波長を有する多数の光チャンネルの光ファイバ中でアップリンクとダウンリンクの方向に運ばれ、多数の光チャンネルは、アップリンクとダウンリンク方向に分布される双方向データ転送方法において：隣接波長を有する少なくとも1つのチャンネルペアを、少なくともアップリンクとダウンリンクの1つに割り当て、ここで、アップリンクとダウンリンクの方向に割り当てられたチャンネルは、互いに排他的であり、アップリンクとダウンリンクの各方向は、少なくとも1つのチャンネルペアに隣接しない波長を有する少なくとも1つの他の光チャンネルを含み、それによって、アップリンクとダウンリンクの各方向の4波長混合を減少させ；チャンネルを交差し、アップリンクとダウンリンクの方向にデータの同時転送を行うステップを含むように構成される。

【0017】本発明のさらに他の側面によれば、本発明は、複数のチャンネルを有する広帯域光信号にตอบสนองする光信号送信回路において：広帯域光信号を受信し、出力信号を供給する方向性カプラと；方向性カプラからの出力信号から、少なくとも1つの濾波された出力上で少なく

とも1つのチャンネルを隔離するフィルタと；少なくとも1つの濾波された出力に結合され、その少なくとも1つの濾波された出力をフィルタに反射させる反射器とを含み；そのフィルタは、少なくとも1つの濾波された出力が、少なくとも1つのチャンネルの隔離を改善する第2のフィルタとしても動作するように構成される。

【0018】本発明の他の側面によれば、本発明は、少なくとも1つの光チャンネルをフィルタに加え、複数のチャンネルを有する広帯域光信号から少なくとも1つのチャンネルを隔離する方法において：広帯域光信号を濾波し、少なくとも1つのチャンネルを含む濾波された出力信号を生成し；濾波された出力信号をフィルタで再濾波し、少なくとも1つのチャンネルをさらに隔離するように構成される。

【0019】

【発明の実施の形態】

実施の形態1. 本発明の実施の形態1では、双方向光送信において、識別された数個のチャンネル割り当て構成を

#	チャンネル番号															
A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
E	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

→ λ_0

【0021】表1は、16チャンネルのシステムを示している。構成Bから構成Eまでのチャンネル割り当てにおけるパターンは、表1から分かるように、より多いチャンネルを含むシステムに拡大でき、またより少ないチャンネルを含むシステムに縮小できる。チャンネルは均等に置かれるが、すべての場合において、チャンネル番号が増加すると、チャンネル・キャリアの波長が増加する。さらに、アップリンクおよびダウンリンクは同数のチャンネルを含むと考えられるため、このことは問題にはならない。さらに、ファイバ設計パラメータのラムダゼロ (λ_0) は、より長い波長において、大きなチャンネル数を超過して置かれるものと仮定する。4波長混合の効率または有効性は、 λ_0 に関する各チャンネルの相対位置に依存する。非コヒーレントの組み合わせからの減少した相互変調積は、 λ_0 から離れたところで発生する。

【0022】表1のB、C、DおよびEの構成の場合、それらの個々のチャンネル割り当て構成は、少なくとも隣接（使用中のスペクトル）チャンネルペアを介して、相互に排他的なアップリンクとダウンリンク中のチャンネルと、減少した4波長混合を生じるように配置される。さらに、チャンネル間隔は、アップリンクまたはダウンリンクのどちらかの各連続チャンネルにおける2つの隣接チャンネルより少ない。また、第3に、方向が同様のチャンネル

有し、その構成は、一般的に、従来の単一のインタリーブ構造によって生じる干渉を減少させる。ここで、隣接する以外の他のキャリア周波数は、アップリンクまたはダウンリンク通信パスに割り当てられる。従来のインタリーブ構造は、下記の表1において、構成Aとして表示される。この表1中のチャンネル割り当て構成において、下線が引かれたイタリックの数字で示されるチャンネル番号は、すべて一方方向チャンネルであり、このため、これらのチャンネルは、各々、アップリンクか、ダウンリンクのどちらかに（互いに排他的に）割り当てられる。例えば、構成Aにおいて、チャンネル番号 $1 + 2n$ （ここで、 n は0または正の整数）は、すべてダウンリンクに割り当てられる。一方、チャンネル番号 $2 + 2n$ （ここで、 n は0または正の整数）は、すべてアップリンクに割り当てられる。これらのチャンネル割り当ては、任意に、アップリンク用をダウンリンクに逆にすることができる。

【0020】

【表1】

の隣接連続ペア間では少なくとも2つの隣接チャンネル分だけ分離している。これは、表1の構成BとCにおいて、最も良く表わされている。

【0023】一般的に、表1のチャンネル割り当て構成に関して、相互変調積の測波帯は、均一間隔チャンネル上に、連続的に重畳されることはない。なぜなら、チャンネル分離中の変化によって、4波長混合現象が減少するからである。

【0024】図1は、従来の光増幅器回路10のブロック図である。特に、光増幅器回路10は、サーキュレータ12、14、WDMスプリッタまたはそれと等価な装置を含む。このWDMスプリッタまたはそれと等価な装置（以後、「方向性カプラ」という）は、入力信号を隔離した後、入力信号を、特定の方向（送信パス16または18）に経路指定する。

【0025】図1から分かるように、サーキュレータ12と14は方向分岐動作を行い、入力データ信号の双方向成分間を隔離する一方、双方向信号を分離する。言い換えれば、サーキュレータ12と14は、光チャンネル上の通信トラフィックを、所定のパスに沿って方向付け、回路の接合部において、第1のパス16（アップリンク）が、第2のパス18（ダウンリンク）と合併したり、相互に干渉が生じたりするのを防止するように動作

する。

【0026】光増幅器回路10は、さらに、分離増幅モジュール20および22を含む。分離増幅モジュール20と22は、典型的に、各方向16、18ごとに、2段の増幅ステージを有する。さらに、分離方向性帯域を隔離し正確に増幅するためには、送信パスの反対方向の不要な光チャネルを減衰するためのフィルタ24と26を含まれなければならない。従って、これらのフィルタ24と26は、選択的バンドパスモードで動作する必要があり、典型的には、楕形フィルタ等であり、不要波長（チャネル）を除去する。例えば、通常のインタリーブされたチャネル割り当て構成A（表1）の場合は、楕形フィルタは、他のチャネルに関連するキャリア周波数を選択する。送信パス16と18の両方を考えると、各フィルタ24、26上で、明らかに、楕形フィルタは逆になるが、補完関係がある。

【0027】増幅機能としては、典型的に、エルビウム・ウインドウ波形を有する広帯域増幅ブロックが用いられる。一方、フィルタは、光を一方方向に伝播させるように構成される。例えば、フィルタは、さらに、典型的には、ローカル送信／反射特性を示す多重層光誘電体フィルタ、導波管装置、または透過型(transmissive)ブラッグ格子によって実現される。

【0028】しかしながら、図1のフィルタ24と26は、光増幅器回路10の各送信パス16と18中の多くの場所に設けることができる。図中の点線で表わされたフィルタ24と26はこのことを意味している。特に、フィルタは、増幅モジュールの前に、増幅ステージ間（おそらくは、交点）、または直列に連結された増幅器ペアの第2段の増幅器の後に置かれる。しかしながら、各々の異なる位置は、光増幅器回路の性能に異なる影響を与える。特に、増幅が第1の増幅モジュールの前に置かれると、増幅されるノイズから生じる増幅器ノイズの性能に直接影響を与える。これは明らかに望ましくないことである。フィルタ24と26を増幅ステージ間に置くと、最大性能が得られる。一方、フィルタ24と26を、直列に連結された増幅ステージの第2の増幅器の後に置くと、光増幅器回路10から得られる最大出力パワーに影響を及ぼす。後者の場合は、特に、回路設計にモデジュラの使用を考えた場合に好都合である。この場合、2つの単一方向の増幅器は、アドオン・サーキュレータ／フィルタを組み合わせ、図1の双方向の光増幅器回路を形成する。

【0029】図1の光増幅器回路に対して適切で必須の濾波量を供給することは、設計上の重要な鍵となる。この点で、楕形フィルタの規格は、2つの制限を考慮に入れなければならない。すなわち、2つの楕形フィルタ間の重複領域における発振を防ぐ必要性と、多重パス干渉の逆影響（通常は、往復で50デシベル(dB)）を十分に制限するために阻止チャネル中で必要な隔離とであ

る。

【0030】図2は、エルビウム・ウインドウが、増幅（ゲイン）が波長入によってどのように変化するかを説明する典型的なエルビウム・ウインドウ波形29を示す。特に、ウインドウの約15%で放物線状にかなり早く最大ゲインまで上昇した後は、約30%までは放物線状に降下し、その後は残りのエルビウム・ウインドウの大部分においてほぼ単一のゲインとなる。その後、ゲインは次第に小さくなる。

【0031】図3は、図1の光増幅器回路中の発振と多重パス干渉の経路を示す図である。図3は、光コネクタペア30、32はサーキュレータ12、14に結合され、光増幅回路10の端部を形成するが、見かけ上、図1と構成と対応している。光コネクタペア30、32は、典型的には、それぞれ、ベルコア標準に従って構成される送信ファイバと光増幅回路間で最大反射レベル、たとえば-24dB、を示す。従って、光チャネル34が、光コネクタペアの第1の光コネクタ32に入力すると仮定すると、光チャネル34は、サーキュレータ14、伝送パス18、一連の増幅モジュール22、サーキュレータ12を通過し、一对の光コネクタの第2の光コネクタ30で反射され、伝送パス16を反対方向に通過する。同様に、光チャネル34は光コネクタ30で反射され反射信号36となり、サーキュレータ12、伝送パス16、一連の増幅モジュール20、サーキュレータ14を通過し、光コネクタペアの第1の光コネクタ32で反射され、第2の反射信号38となる。

【0032】図4は、本発明の好ましい実施の形態における双方向WDM増幅器の動作要求を満たす一般的なフィルタ特性を示す。このフィルタ特性（波長に対する損失）は、誇張して表示されている。さらに、2つのフィルタ特性が実際に示され、それらの各パス帯域は、重畳されたフィルタの結合特性を示す。言い換えれば、アップリンクのフィルタ特性40は、ダウンリンクにおける第2のフィルタ特性44の阻止バンドに相当するパスバンド42を有する。第1のフィルタ特性40と第2のフィルタ特性44間の第1の交点48および第2の交点49は、発振するために最も好ましい位置（すなわち、巡回パスにおいて、回路全体が充分なゲインを提供する位置）を表す。第1のレベル43で示される交点のレベルは、第2のフィルタ特性44の阻止バンド46と第1と第2のフィルタ特性の交点間の損失差に相当する。好ましい実施の形態に対して、第1のレベル43は、安定した動作のためには、-5デシベルのレベルを有するものと考えられる。第2のフィルタの阻止バンド46と、第1のフィルタ特性のパスバンド間の損失差に相当する第2のレベル45は、光増幅器回路内の多重パスの影響をなくすために必要な隔離レベルに関するものである。

【0033】反射器と増幅器から成る光回路での発振は、最高ゲインの点、すなわち、図4の交点48と49

の点で、最も発生しやすい。特に、発振が起こる場合には、図3に示した反射器の間の巡回パスは、キャビティとして作用し、それによって、サーキュレータはレーザとして作用する。その結果、スプリアス電力は、周波数スペクトル中に分布され、データを崩壊させる。多重パス干渉は、光回路を介して異なるパスを通った同一信号の組み合わせによって生じる。

【0034】本発明の光増幅器回路の動作特性は、入力ステージと増幅モジュールへの出力ステージにおいて各方向毎に35デシベルのゲインと-24デシベルの反射率の要件を満たさなければならない。よって、発振を避けるために、図4のフィルタ特性の交点48と49は、以下の計算を満たす必要がある。

$$35 \text{ dB} + 35 \text{ dB} + (-24 \text{ dB}) + (-24 \text{ dB}) - (\text{第1レベル} 43) < -5 \text{ dB}$$

これより、フィルタ特性の第1レベル43>27dBが必要である。多重パス干渉の受け許容レベル、すなわち1%、を達成するためには、以下の計算が満足される必要がある。

$$35 \text{ dB} + 35 \text{ dB} + (-24 \text{ dB}) + (-24 \text{ dB}) - (\text{第2レベル} 45) < -50 \text{ dB}$$

これより、フィルタ特性の第2レベル45>72dBが必要である。現在の技術は、今までこの隔離性能を満たすことはできなかった。しかし、ブラッグ格子の縦続接続またはフィルタを介する2重パスによって、ファイバベースのブラッグ格子装置の損失を十分に改善することによって本発明のメカニズムは解明される。

【0035】図5は、ファイバベースのブラッグ格子50を示す図である。ブラッグ格子は、感光性光ファイバ52から成り、この感光性光ファイバ52は、入力信号54を受信するように構成される。ブラッグ格子は種々の方法で形成できるが、高屈折率ステップ56（ファイバ52の屈折率より比較的高い屈折率）を感光性光ファイバ52を介して等距離間隔で直列に置くことによって形成できる。これらの高屈折率ステップ56は、高輝度光線、典型的には、紫外線波長（例えば、200nmまでの）の光線によって照射される。屈折率ステップの間隔は、格子の屈折特性または送信特性を決定する。ブラッグ回折格子の屈折率ステップの数は同じ幅にすることができる。

【0036】本発明によると、フィルタの2重パスは、図6に示される回路によって達成できる。図6は、光増幅器回路を示す図である。この回路は、先に図1で示した回路とほぼ同じである。よって、図6において、図1と共通の要素には、共通の番号を付す。しかしながら、フィルタ24と26は、増幅モジュールと直列には接続されていないが、4ポート・サーキュレータ60と62を介して置かれる。さらに、送信パス16と18において、各楕形送信フィルタ64と66は広帯域ミラー68と70と直列に結合され、4ポート・サーキュレータ6

0と62にそれぞれ結合され、そのフィルタを介して2重パスが形成される。従って、特定の伝送パスからの4ポート・サーキュレータの入力に印加される信号（またはチャネル）は、適切な楕形送信フィルタを介して濾波され、関連する広帯域ミラーから反射され、楕形送信フィルタで2度濾波されて隔離を高め、4ポート・サーキュレータによって送信パスに再び挿入される。

【0037】実施の形態2。図7は、図6の回路を変形して構成される本発明の実施の形態2の光送信回路を示す図である。この場合、4ポート・サーキュレータは、図1の基本設計における追加のサーキュレータとして動作する。この4ポート・サーキュレータは、アップリンク送信パスとダウンリンク送信パスの各増幅ステージ間に挿入される。この場合、増幅ステージは分離された回路要素として認識され、その増幅ステージはかなりの距離をおいて置かれ、異なるファイバ上に設置されてもよい。4ポート・サーキュレータを介した信号の経路指定は、図6で説明されたメカニズムと全く同一のものである。

【0038】実施の形態3。図8は、本発明の実施の形態3の光送信回路を示す図である。図8において、WDMデマルチプレクサは、波長選択反射器と結合し、各楕形送信フィルタと置換される。図1と図7の一般的な構造において、図7の各楕形送信フィルタ64、66は、それぞれアレー導波管（AWG）WDMデマルチプレクサ/マルチプレクサ80と82および反射器84と86に置き換えられる。アレー導波管（AWG）WDMデマルチプレクサ/マルチプレクサ80と82および反射器84と86は、それぞれ複数の並列ファイバ・ブラッグ格子88、90、92、94、96として動作する。従って、WDMデマルチプレクサ/マルチプレクサ80と82に対する広帯域入力98と100（適切なサーキュレータ60と62によって供給され、隣接チャネル₁から入を含む）は、波長に基づいて、選択された個々のチャネルに分離される。その後、個々のチャネルは、対応の波長依存ファイバ・ブラッグ格子（または、等価反射器）に加えられ、そこで反射され、WDMデマルチプレクサ/マルチプレクサ80と82を逆進する。このように、各チャネルは、対応のAWG・WDM80と82において選択され、AWG・WDM80と82を通過することによって、隔離に必要なレベルが与えられる。その後、選択された複数のチャネルは再結合され広帯域信号として1つのファイバ中に加えられる。

【0039】楕形送信フィルタ、WDMのマルチプレクサおよび波長選択反射器に対して、他の技術を用いることができる。図6と図8で説明された特定の実施の形態に関しては、説明と図を簡潔にするために、フィルタは増幅器との相対的な位置に挿入されるように示されている。各場合に、フィルタは、図1で示され詳細に説明されるように、各増幅モジュールの前後か、または中間に

配置される。

【0040】本発明は、4波長混合の影響を減少させるための光チャネル割り当て構成を示し、インタリーブされた光チャネルをある程度隔離できる光増幅器回路を実現する。それによって、実用的な双方向のWDM増幅器を比較的低コストで製造できる。この割り当て構成は、各チャネルでキャリア変調が必要な双方向データ転送に適用できる。

【0041】もちろん、上述の説明は一例として挙げられたものであり、詳細な変形が本発明の範囲においてなされてもよい。例えば、図6と図7のフィルタは、導波管装置や、誘電体フィルタまたは透過型ブラッグ格子によって実現できるが、これらすべてが、シングルパス設計における減衰仕様を満たすことはできないので、上述のように、楕形フィルタの2重のパスが必要となる。単一透過型ブラッグ格子または、誘電体フィルタは、直列楕形フィルタとノッチ・フィルタとの組み合わせによっても実現できる。このような組み合わせによって、不要波信号の阻止を十分に高いレベルまで高め、双方向WDM増幅器を実現できる。

【0042】

【発明の効果】本発明のチャネル割り当て方法によれば、光ファイバの容量は、チャネルを選択的に除外し、隣接するチャネルペアを分離することによって、準最適化される。ここで、少なくとも1つのアップリンクとダウンリンクにシーケンシャル・ベースで割り当てられた相互に排他的なチャネルペアを有するという概念が適用される。本発明は、通信システムにおいて、チャネルの各ペア間の周波数分離をできるだけ小さくし、隣接するチャネルの干渉を避ける一方で、限定される帯域をできるだけ最大に使用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来の光増幅器の構成を示す図である。

【図2】 エルビウム・ウインドウの典型的な波形を示す図である。

【図3】 図1の光増幅器回路中の発振と多重パス干渉の経路を示す図である。

【図4】 本発明の好ましい実施の形態における双方向WDM増幅器装置の動作条件を満たす一般的なフィルタ特性を示す図である。

【図5】 従来のファイバ・ベースのブラッグ格子を示す図である。

【図6】 光フィルタの2重パスが達成される本発明の好ましい実施の形態を示すブロック図である。

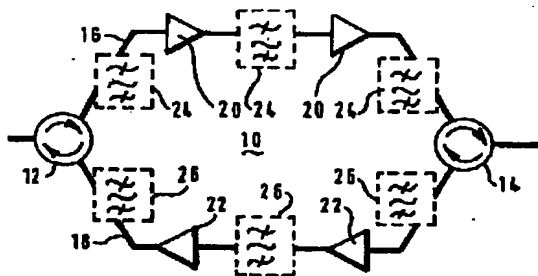
【図7】 光フィルタの2重パスが達成される本発明の他の好ましい他の実施の形態を示すブロック図である。

【図8】 光フィルタの2重パスが達成される本発明のさらに他の好ましい実施の形態を示すブロック図である。

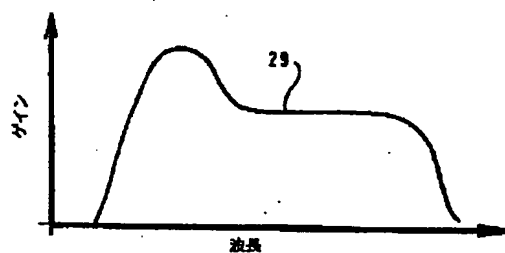
【符号の説明】

10…光増幅器回路
12, 14…サーキュレータ
16, 18…送信パス
20, 22…分離増幅モジュール
24, 26…フィルタ
30, 32…光コネクタ
42…パスバンド
46…阻止バンド
48, 49…交点
50…ブラッグ格子
52…感光性光ファイバ
54…入力信号
56…高屈折率ステップ
60, 62…4ポート・サーキュレータ
64, 66…楕形送信フィルタ
68, 70…広帯域ミラー
80, 82…アレー導波管 (AWG) WDMデマルチプレクサ/マルチプレクサ
84, 86…反射器
88, 90, 92, 94, 96…ブラッグ格子
98, 100…広帯域入力

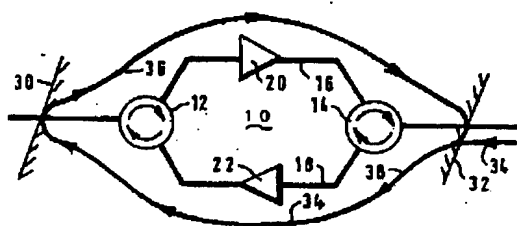
【図1】



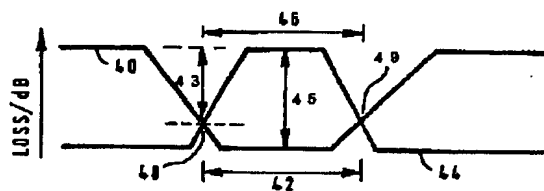
【図2】



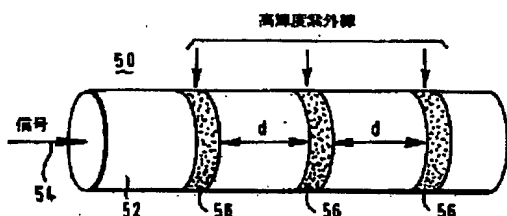
【図 3】



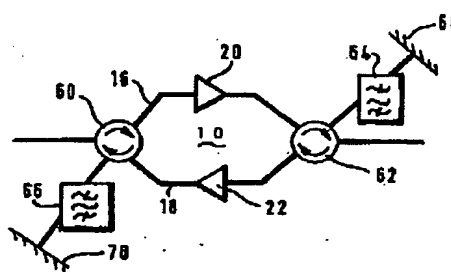
【図 4】



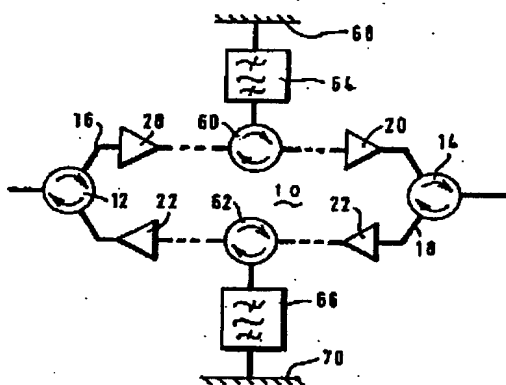
【図 5】



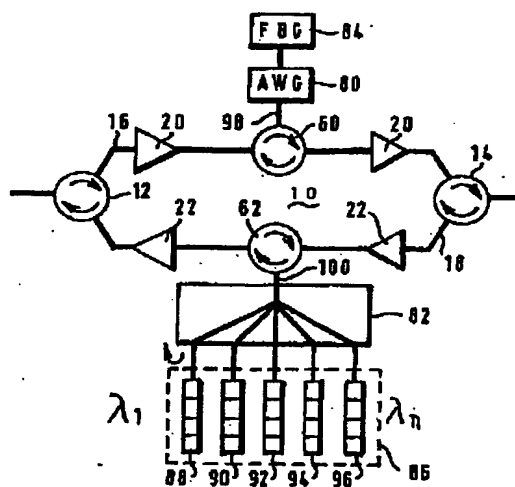
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(71)出願人 390023157

THE WORLD TRADE CEN
TRE OF MONTREAL, MON
TREAL, QUEBEC H2Y3Y
4, CANADA

(72)発明者 フィオナ・デイビス

イギリス国, シーエム23 4エイチキュ
ウ, ハートフォードシャー, ビショップス
ストートフォード, バイランズ クロー
ズ 6

(72)発明者 ロバート・キーズ

カナダ国, ケー2エム 2エル9, オンタ
リオ, カナタ, メドウブリーズ ドライブ
73

(72)発明者 ケバン・ジョーンズ

イギリス国, ティーキュー9 7ユーユ
ー, デボン, トットネス, アッシュプリン
グトン, ホーリー ビラズ 6

(72)発明者 ニゲル・エドワード・ジョリー

イギリス国, シーエム19 5エヌユー, エ
セックス, ハーロー, ハイハムズ 42

(72)発明者 モーリス・オスリバン

カナダ国, ケイ1ワイ 0エス5, オンタ
リオ, オタワ, ジュリアン アベニュー
24